
PROFESSORES DE HOJE, ALUNOS DE ONTEM... (DIFICULDADES COM ALGUNS CONCEITOS-CHAVE SOBRE FLUIDOS)^{*1}

Rolando Axt

Instituto de Física – UFRGS

Porto Alegre – RS

Resumo

O texto trata de dificuldades conceituais que alunos e professores de Ciências e de Física apresentam na área da mecânica dos fluidos e sugere uma estratégia de ensino baseada em experimentos muito fáceis de realizar como forma de ajudar os alunos a superar tais dificuldades.

Palavras chaves: *Ensino de Física, mecânica dos fluidos, experimentação em Física.*

I. Introdução

Dados obtidos a partir de um teste sobre fluidos, envolvendo questões de múltipla escolha e questões abertas, mas sempre solicitando justificativa da resposta dada, revelam que não é desprezível o número de professores de Ciências que apresentam dificuldades diante de tais questões. O teste foi aplicado durante diversos cursos destinados a professores que lecionam Física na 8ª série e ministrados por professores ligados ao grupo de ensino do Instituto de Física da UFRGS. Participaram professores de Ciências e de Física (2º grau) dos três estados do sul do país. O mesmo grau de dificuldade pode ser constatado entre alunos calouros do curso de Farmácia da UFRGS. Até alunos da Licenciatura em Física desta Universidade manifestaram dúvidas nos itens mais problemáticos para os outros grupos.

As questões discutidas neste trabalho são aquelas que no teste indicaram mais claramente a existência de falhas conceituais. Procurou-se, através delas, avaliar a compreensão dos conceitos de pressão hidrostática, pressão atmosférica e empuxo.

* Publicado no Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 5, n. 1, abr. 1988.

¹ Trabalho parcialmente financiado pela FINEP e CNPq.

Em relação às “explicações corretas” dos problemas propostos, os desvios mais comuns constatados são:

a) Pressão hidrostática - É considerada dependente do volume de líquido contido no recipiente.

b) Pressão atmosférica - É ignorada (como se fosse nula) ou é tratada como um agente apenas externo. Assim, no interior de um recipiente com um orifício admite-se a existência de ar mas não de pressão.²

c) Empuxo - Em caso de mesmo volume de líquido deslocado por dois corpos inteiramente submersos, é atribuída uma força de empuxo maior ao corpo de maior massa específica.

O número de explicações com base nestes argumentos situa-se em torno de 20% nos casos a) e b) e de 50% no caso c).

Este texto foi escrito em função desses resultados e está dirigido aos professores de ciências com o objetivo de auxiliá-los em sua tarefa docente. Não se pretende, pois, apenas apontar falhas mas indicar, também, possibilidades de evitar que elas aconteçam.

Partindo do pressuposto de que as dificuldades dos professores são também as dos alunos optou-se, na seção seguinte, por um enfoque no qual os professores são alertados sobre possíveis dificuldades dos seus alunos e são orientados sobre procedimentos que poderiam adotar para que tais dificuldades possam vir a ser superadas.

II. Questões nas quais apareceram dificuldades

1ª Questão: Pressão hidrostática

A figura mostra dois recipientes contendo água até uma mesma altura. Há orifícios iguais em P e Q. A velocidade de escoamento da água é (justifique sua resposta):

A) Maior em P do que em Q. _____

B) Maior em Q do que em P. _____

C) A mesma em P e Q. _____

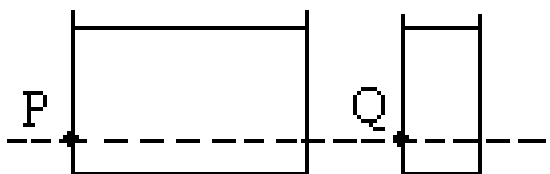


Fig. 1

² Também constatado por Séré (ref. 12) em pesquisas com crianças francesas com idade de 11 anos.

A velocidade de escoamento da água depende da pressão exercida pela coluna de líquido (de altura h) situada acima do nível dos orifícios e, por conseguinte, é a mesma em P e Q. Mas nem sempre os alunos pensam desta maneira. Para uns a pressão é maior em P porque o volume de líquido é maior. (A situação mostrada na Fig. 1 pressupõe o mesmo nível de líquido nos recipientes.) Para outros a pressão é maior em Q. Justificam sua resposta pela menor área da secção transversal do recipiente. Isto seria possível se estivesse sendo comunicada pressão adicional por intermédio de um êmbolo (como numa seringa). A mesma força aplicada aos êmbolos de seringas cujas seções transversais são diferentes ocasiona maior pressão na seringa de menor seção transversal. Não é este o caso da situação mostrada na Fig. 1. Aqui a velocidade de escoamento deve-se exclusivamente à pressão exercida pelo próprio líquido, pois a pressão atmosférica - a qual também está presente e se soma à hidrostática - atua também fora do recipiente. Entre o lado interno e o lado externo do orifício há, pois, uma diferença de pressão igual à pressão hidrostática. No mesmo lugar e no mesmo líquido esta depende apenas de h .

Como mostrar aos alunos que a velocidade de escoamento depende apenas da altura da coluna de líquido acima do orifício?

Uma demonstração que pode ser feita facilmente na aula esta representada na Fig. 2. São usadas duas latas de óleo lubrificante cujas tampas tenham sido removidas (uma de 1,0 L e outra de 2,5 L). É feito, em cada uma, um orifício com auxílio de um prego, próximo à base. Coloca-se água até a mesma altura e observa-se que o alcance dos dois pequenos jatos de água que saem dos orifícios é o mesmo e, portanto, as velocidades são iguais. Como o nível da água contida na lata menor baixa mais rapidamente, é preciso repor água caso se queira observar o experimento mais demoradamente.

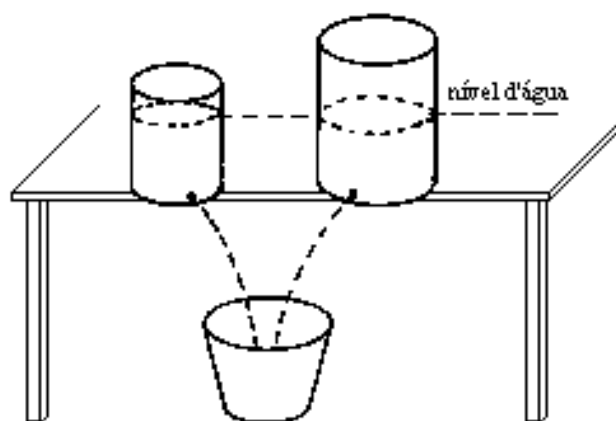


Fig. 2

Antes de realizar este experimento convém formular a pergunta contida na questão 1. Assim, através do experimento, os alunos terão oportunidade de ver ou não confirmadas suas hipóteses.

Após esta atividade recomenda-se perguntar aos alunos o que aconteceria se os recipientes da Fig. 1 fossem unidos por um cano, na altura da reta PQ (vasos comunicantes). Esta situação pode ser reproduzida na aula com duas seringas (sem os êmbolos) de diâmetros diferentes unidas por um tubinho flexível de plástico e cheias de água até um determinado nível (Fig. 3).

Estando a água em repouso verifica-se que ela não flui de uma seringa para a outra. Não há, pois, diferença de pressão ao longo de uma linha horizontal como, por exemplo, o “nível zero”. A pressão hidrostática independe, pois, do volume de água contido em cada seringa. Cabe ainda perguntar se a pressão na base de uma grande represa ou na base de um simples cano de água, ambos contendo água até a mesma altura, é a mesma. Remete-se, assim, novamente a discussão para a questão 1.

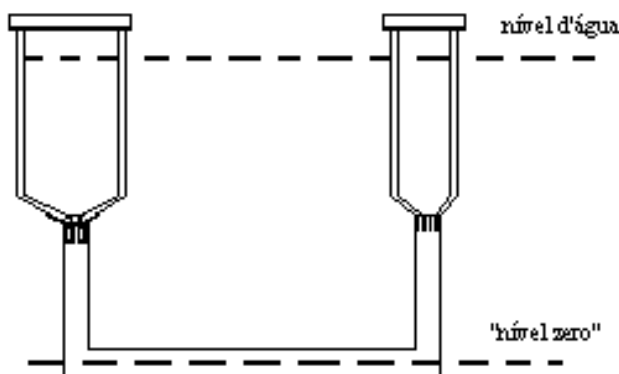


Fig. 3

2ª Questão: Pressão atmosférica

No interior de uma bola furada (mas ainda redonda) existe ar? Existe pressão? Explique.

A pressão interna e externa é a atmosférica. Havendo pressão interna deve existir ar dentro da bola. Mas esta explicação não é necessariamente aquela dada pelos alunos. Eles admitem, por exemplo, a existência de ar mas não de pressão. A pressão, dirão alguns, é zero ou “muito pequena”. Convém perguntar o que está sendo entendido por “muito pequena”. Há pessoas que aparentemente raciocinam como se a pressão atmosférica fosse zero. Elas apenas reconhecem pressão acima da atmosférica (sobre-pressão, como a aplicada com uma bomba a um pneu de bicicleta) ou abaixo da atmosférica (rarefação, como se faz ao sugar refrigerante com um canudinho). Quando nada disto acontece, isto é, quando apenas atua a pressão atmosférica, elas

não se dão conta de que há um equilíbrio de forças interna e externamente de tal modo que nenhum efeito da pressão atmosférica seja perceptível, embora ela esteja atuando constantemente.

É preciso tornar claro aos alunos que a pressão atmosférica está sempre presente porque vivemos no fundo de um oceano de ar o qual exerce sobre qualquer corpo uma pressão que pode ser medida. Ao mesmo tempo em que se expõe, pois, as idéias de Torricelli sobre a pressão atmosférica, deve-se cuidar, também, que os alunos assimilem uma noção da ordem de grandeza dessa pressão.

Neste sentido, é útil dar uma idéia das forças que podem resultar sobre uma parede em razão de um desequilíbrio entre a pressão que atua sobre suas superfícies. Por exemplo, num lugar onde a pressão atmosférica seja exatamente 10 N/cm^2 uma redução de 10% dessa pressão que fosse artificialmente provocada dentro de um quarto resultaria em uma força não equilibrada equivalente ao peso de uma massa de aproximadamente 2.000 kg sobre uma porta de 2 m^2 de área.

Uma maneira de iniciar a discussão da questão 2 consiste em levar à aula um pacote de café embalado a vácuo. Os alunos verão como fica o invólucro quando na indústria torrefadora uma parte do ar é retirada do pacote (processo denominado “embalagem a vácuo”). Sugere-se que os alunos imaginem, então, o que aconteceria com a bola furada se parte do ar fosse retirada do seu interior através do orifício e se este posteriormente fosse bem vedado.

O que se espera que aconteça com a bola e o que acontece com o invólucro do café pode ser demonstrado de maneira muito simples com o revestimento de celofane de uma caixinha de cigarros aberta. Quando o revestimento é empurrado lentamente no sentido de retirá-lo de cima da caixinha, ele não se deforma, pois há tempo de entrar ar para seu interior. Quando o celofane é empurrado rapidamente, antes de o ar entrar no seu interior forma-se um vácuo parcial. Como resultado, as forças exercidas pela pressão sobre suas paredes de fora para dentro e de dentro para fora não se equilibram. A pressão externa (atmosférica) sendo maior, resultam forças maiores de fora para dentro. Estas forças, subtraídas das forças que atuam de dentro para fora, não se anulam e esmagam o celofane.

Obstruindo-se com o dedo a ponta de uma seringa de vidro comprime-se o ar no seu interior até uma posição como a mostrada na Fig. 4. Mantém-se o êmbolo nesta posição e deixa-se escapar o ar. Pergunta-se, depois, disso, se ainda existe ar no interior da seringa e qual é a pressão.

Se os alunos responderem satisfatoriamente esta questão, certamente terão avançado na compreensão do problema da bola furada.

Fazendo-se o contrário, i.e., puxando-se o êmbolo com a ponta obstruída, percebe-se que, ao soltá-lo, uma força que resulta da diferença entre a pressão externa e interna o faz retornar à sua posição inicial, da mesma forma como é empurrado de

volta quando a pressão interna é maior do que a atmosférica (com pressão). Mostra-se, assim, que só atua uma força resultante sobre o êmbolo quando as pressões interna e externa não se equivalem.

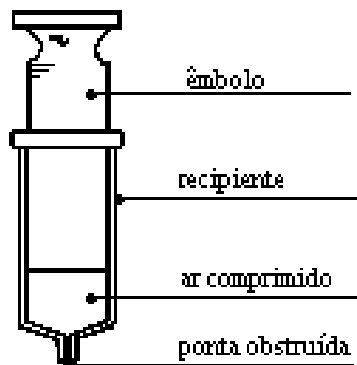


Fig. 4

A Fig. 5 indica como demonstrar o aumento ou a redução do volume de uma pequena ampola de borracha contendo ar (feita de pedaços de um balão de aniversário) em função da redução ou do aumento da pressão no interior de uma seringa. Neste caso, a pressão do ar dentro da ampola sendo maior do que a externa, o excesso de pressão será suportado por tensões que surgem nas paredes de borracha, da mesma forma como acontece numa câmara de pneu ou numa bola de basquete.

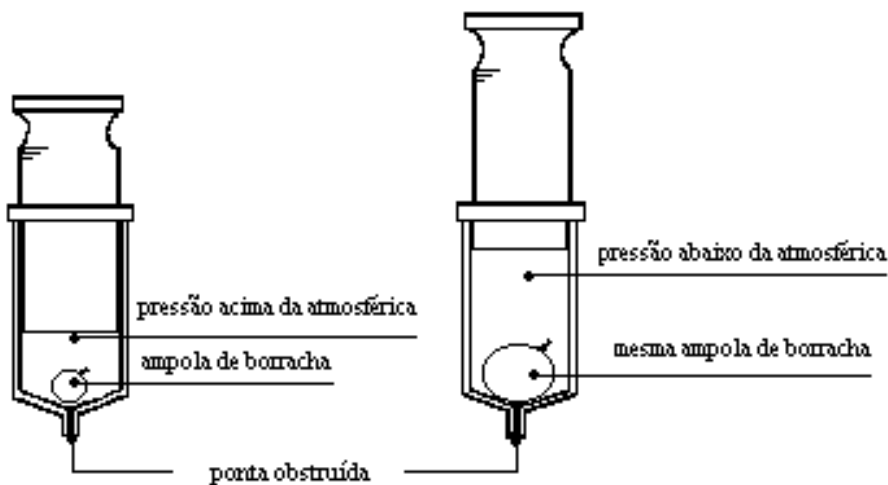


Fig. 5

O fato de ser possível expelir ou sugar um fluido com auxílio de um êmbolo, como resultado de um aumento ou de uma redução de pressão acima ou abaixo da atmosférica, é explorado em uma bomba aspirante-mente como a representada na Fig. 6.

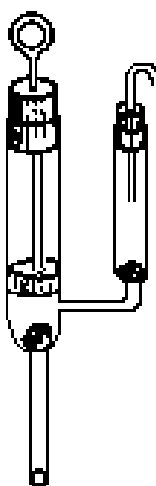


Fig. 6

Os alunos poderão prever como se posicionam as esferas (válvulas) à medida que o êmbolo sobe (aspirando líquido) e desce (expelindo líquido) e, posteriormente, testar sua previsão construindo uma bomba semelhante com seringas de plástico, tubos flexíveis, rolhas e cola apropriada. Como esferas servem contas de plástico cujos orifícios tenham sido vedados.

3ª Questão: Empuxo

Três blocos A, B e C, de mesmo volume, estão inteiramente submersos na água. Suas massas específicas guardam a seguinte relação:

$$\rho_A > \rho_B > \rho_C.$$

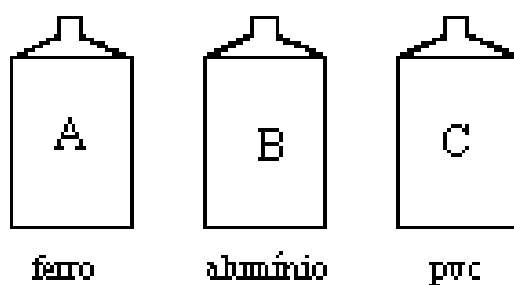


Fig. 7

A força de empuxo é (justifique sua resposta):

- A) Maior para A. _____
- B) Maior para B. _____
- C) Maior para C. _____
- D) A mesma para A, B e C. _____

Em um mesmo líquido e em um mesmo lugar, a força de empuxo é função apenas do volume de líquido deslocado. No entanto, constata-se que um

significativo número de pessoas acredita que ela é maior sobre o corpo A, cuja massa específica, peso ou simplesmente massa é maior. Como empuxo é um conceito que se aprende na escola - os professores supostamente o retomaram na universidade – tem-se aí um exemplo de como uma aprendizagem deficiente ou incompleta pode conduzir a um conceito errôneo. Não se trata, pois, de um conhecimento intuitivo mas sim deformado.³

É simples demonstrar que este ponto de vista não resiste à evidência experimental. Consegue-se dois tubos iguais de plástico utilizados como embalagem de medicamentos. Colocam-se, dentro de cada um, lastros diferentes de areia. Ambos devem submergir inteiramente na água. Amarra-se uma alça em cada um e suspende-se os lastros em um dinamômetro, mola ou até mesmo em um elástico para se ter uma idéia comparativa do seu peso (Fig. 8).

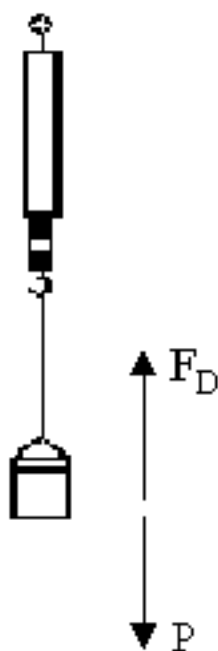


Fig. 8

Mergulhando-se os cilindros num recipiente com água (Fig. 9), a medida da força de empuxo será a diferença acusa da na leitura do dinamômetro antes e depois de mergulhar os cilindros. Pode-se então mostrar aos alunos que o empuxo é o mesmo para os dois cilindros, independentemente do seu peso. Troca-se, então, a água por álcool. Como este é menos denso do que a água, o empuxo será menor mas ainda será igual para os dois cilindros.

³ Deve-se admitir, contudo, a possibilidade de intervir o fato de muitos alunos acreditarem intuitivamente que o cilindro de maior peso desloca mais líquido.

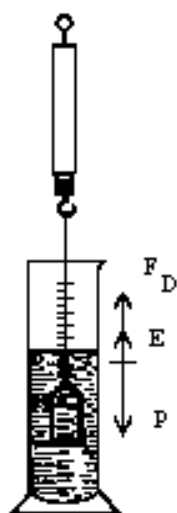


Fig. 9

Finalmente apresenta-se um terceiro cilindro⁴, de volume igual ao dos outros, mas que não afunde completamente. Os alunos perceberão que o dinamômetro é dispensável pois o peso do cilindro é equilibrado apenas pela força de empuxo. Eles verão, também, que o cilindro desloca um volume de água menor do que o seu próprio volume. Se aumentarem um pouco o peso do cilindro - colocando mais areia no seu interior - constatarão que o volume de líquido deslocado aumenta mas o empuxo ainda continua equilibrando o peso do cilindro. Fica claro, assim, que o empuxo se deve ao volume de líquido deslocado e não ao volume do corpo. No caso de o cilindro estar inteiramente submerso apenas há uma coincidência entre esses dois valores.

A questão 3 pode ser ainda reformulada para o caso de três balões de mesmo volume contendo gases de massas específicas diferentes. Pergunta-se sobre o empuxo no ar para que os alunos não fiquem com a impressão - bastante generalizada- de que o empuxo só acontece nos líquidos.

III. Considerações finais

a) Sobre a necessidade de os professores dominarem o conteúdo:

Não parece difícil admitir que alunos de Ciências tenham dificuldades com as questões apresentadas, mas certamente é com relutância que se reconhece tais dificuldades em professores. O fato é, no entanto, que elas existem e se manifestam numa proporção não necessariamente alarmante, mas que, como no caso da questão 3, pode atingir 50%.

⁴ Esses três cilindros também servem para se dar aos alunos uma noção de peso específico. No caso estará se determinando peso específico médio.

Resultados como este podem ser atribuídos à falta de formação dos professores e ao baixo nível de ensino praticado nas escolas que acabam exigindo muito pouco dos alunos e muito menos dos professores. Para fazer propostas claras a seus alunos, mostrando-lhes as contradições nas suas maneiras de pensar, é preciso que os professores dominem o conteúdo e saibam o que perguntar nas aulas. Certamente não se pode pensar num bom ensino quando as contradições do professor se situam no mesmo nível das do aluno. Estas deveriam ter sido resolvidas antes. Os professores de Ciências de hoje são os alunos de Ciências de ontem... da escola e da universidade.

b) Sobre a importância da experimentação nas aulas de Ciências:

Neste trabalho foram abordados apenas alguns conceitos-chave sobre o ensino de fluidos. A evidência experimental foi sugerida como um instrumento fundamental para se desenvolver nos alunos uma compreensão mais abrangente desses conceitos.

Essa função do experimento, de facilitar a compreensão de conceitos, precisa ser aproveitada nas aulas de Ciências. O experimento deve ser encaixado no momento propício para que os alunos percebam sua relação com as idéias discutidas em aula. Essa é uma dinâmica eficaz. Muito mais eficaz do que a de realiza; experimentos isolados, sem um propósito definido.

Quando os alunos se defrontam com um problema, este geralmente envolve a compreensão de um ou mais conceitos. A experimentação deve ser usada então para preparar aquilo que a segue, isto é, a discussão do problema e a ampliação da compreensão dos conceitos envolvidos.

Esta estratégia é utilizada num curso para secundaristas que vem sendo ministrado regularmente em nosso Instituto há mais de 20 anos. Ao avaliarem o curso, os alunos sempre destacam o fato de a experimentação servir de base para a discussão de problemas e para o aprendizado das leis físicas como um modelo que eles gostariam de ver funcionando em suas escolas.

O que faz sucesso entre os alunos não é tanto a experimentação em si mas a maneira como ela é aproveitada para o ensino.

Os professores que fizerem uso deste texto em suas aulas poderão adotar a mesma estratégia para discussão de outros aspectos relativos ao tema abordado como, por exemplo, a definição de pressão, sua natureza escalar, o princípio de Pascal, o paradoxo hidrostático. Poderão usá-la, também, para o ensino de outros temas. Certamente descobrirão que são muitos os conceitos-chave a respeito dos quais os alunos possuem dúvidas que precisam ser discutidas nas aulas de Ciências.

Bibliografia para leitura complementar

ARRIBAS, S.D. **Instrumentação científica - conteúdos de Física**. Passo Fundo: Editora da Universidade de Passo Fundo, 1983.

AXT, R.; STEFFANI, M. H.; GUIMARÃES, V. H. **Um programa de atividades sobre tópicos de Física para a 8ª série do 1º grau**. Versão preliminar. IFUFRGS, Porto Alegre, 1987.

BONADIMAN, H.; ZANON, L. B.; MALDANER, O. A. **Ciências – 8ª série. Proposta Alternativa de Ensino**. Porto Alegre: Vozes, 1986.

CANIATO, R. **Com Ciência na educação**. Campinas: Papyrus, 1987.

FERENCE Jr.; LEMON; STEPHENSON. **Mecânica**. São Paulo: Blücher, 1968. Cap. 9, p. 398-427.

QUEIROZ, G.; AZEVEDO, C. A. A ciência alternativa do censo comum e o treinamento de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 4, n. 1, p. 7-16, 1987.

MACIEL, J. R. L.; KRAUSE, P. Como implementar um laboratório para ensino de Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 4, n. 2, p. 61-67, 1987.

NAZÁRIO, J. A criança ajuda em casa: poupando água. **Rev. Ens. Ciênc.**, v. 4, p. 58-9, 1981.

PACHECO, J. A. F. Parâmetros na elaboração de um texto que pretenda transmitir conhecimentos científicos às crianças. **Ciência Hoje**, v. 6, n. 35, p. 2, 1987.

PORTO, A. V. **Elaboração e testagem de um conjunto de experimentos de mecânica de fluidos em nível de Física Geral**. 1983. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre.

RIBEIRO, U. L.; RODRIGUES, R. M. Viva! Hoje tem brincadeira com água! **Rev. Ens. Ciênc.**, v. 12, p. 14-6, 1985.

SÉRE, M. G. Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. **Eur. J. Sci. Educ.**, v. 8, n. 4, p. 413-25, 1986.

Agradecimento

À Profª Maria Helena Steffani, por contribuições apresentadas.